



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2006103686/28**, **08.02.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.02.2006

(45) Опубликовано: **10.04.2007** Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2248588 C2**, **20.03.2005**. **RU 2142147 C1**, **27.11.1999**. **RU 2219843 C1**, **27.12.2003**. **SU 125842 A**, **03.03.1959**. **RU 2262721 A**, **20.10.2005**. **SU 1094454 A**, **23.01.1985**. **US 3676674 A**, **11.07.1972**. **US 3591807 A**, **06.07.1971**.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной собственности, Н.П. Невраевой

(72) Автор(ы):

**Шульгин Борис Владимирович (RU),
Иванов Владимир Юрьевич (RU),
Королева Татьяна Станиславовна (RU),
Коссе Александр Иванович (RU),
Петров Владимир Леонидович (RU),
Райков Павел Вячеславович (RU),
Черепанов Александр Николаевич (RU),
Чудиновских Андрей Андреевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

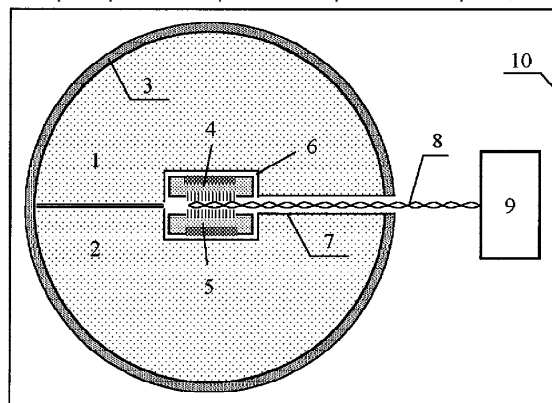
Государственное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный технический университет - УПИ" (RU)

(54) СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к детекторам ядерных гамма- и нейтронного излучений и может быть использовано для обнаружения источников нейтронов, радиоактивных веществ и делящихся материалов в различных системах радиационного мониторинга. Задачей изобретения является повышение степени светосбора сцинтилляций, обеспечивающее повышение чувствительности сцинтилляционного детектора. Сцинтилляционный детектор включает в себя размещенные в едином корпусе сцинтиллятор, регистрирующий либо гамма-, либо нейтронное излучение, PIN-фотодиод, кабельный канал и блок обработки сигналов. Сцинтиллятор имеет шарообразную форму и состоит из двух полусфер, находящихся друг с другом в оптическом контакте. Кроме того, сцинтилляционный детектор содержит отражающее покрытие в виде пленки, нанесенной на поверхности полусфер, и второй PIN-фотодиод, установленный к первому PIN-фотодиоду «спина к спине» в центре шарового сцинтиллятора, в котором выполнены полости для

размещения PIN-фотодиодов и кабельный канал. PIN-фотодиоды могут иметь полусферическую форму. Сцинтилляционный детектор дополнительно может содержать сместитель спектра, выполненный в виде тонкой пленки или покрытия, установленной между PIN-фотодиодами и шарообразным сцинтиллятором. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

G01T 1/20 (2006.01)**G01T 3/06** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006103686/28, 08.02.2006**(24) Effective date for property rights: **08.02.2006**(45) Date of publication: **10.04.2007 Bull. 10**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, GOU VPO
"UGTU-UPI", Tsentr intellektual'noj
sobstvennosti, N.P. Nevraevoy**

(72) Inventor(s):

**Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),
Koroleva Tat'jana Stanislavovna (RU),
Kosse Aleksandr Ivanovich (RU),
Petrov Vladimir Leonidovich (RU),
Rajkov Pavel Vjacheslavovich (RU),
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Chudinovskikh Andrej Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obshcheobrazovatel'noe
uchrezhdenie vysshego professional'nogo
obrazovaniya "Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet - UPI" (RU)**

(54) SCINTILLATION DETECTOR

(57) Abstract:

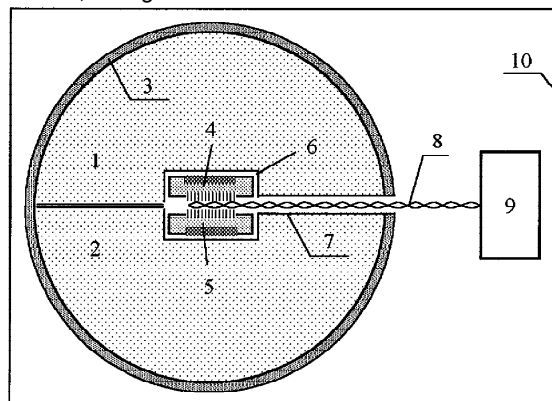
FIELD: gamma- and neutron-radiation detectors.

SUBSTANCE: proposed scintillation detector that can be used for detecting sources of neutrons, radioactive and fissionable materials in various radiation monitoring systems has scintillator recording either gamma- or neutron radiation, PIN photodiode, cable duct, and signal processing unit, all mounted in single case. Ball-shaped scintillator is assembled of two hemispheres which are in optical contact with one another. In addition, scintillator detector has reflecting surface in the form of film on hemisphere surfaces, second PIN photodiode back-to-back mounted relative to first PIN photodiode in center of ball-shaped scintillator wherein there are cavities to receive PIN photodiodes and cable duct. PIN photodiodes may be hemispherical in shape. Scintillation detector may also have spectrum mixer made in the form of thin film or coating between PIN photodiodes and ball-shaped

scintillator.

EFFECT: enhanced degree of scintillation light accumulation affording enhanced sensitivity of scintillation detector.

3 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к детекторам ядерных гамма- и нейтронного излучений и может быть использовано для обнаружения источников нейтронов, радиоактивных веществ и делящихся материалов в системах радиационного мониторинга местностей и морских акваторий, в системах индивидуальной дозиметрии, в системах таможенного радиационного контроля, обнаружения и учета ядерных и радиоактивных материалов на границах страны, а также в любых зонах контроля, оговоренных международными соглашениями.

Известен сцинтилляционный детектор гамма-излучения [Л.С.Горн, Б.И.Хазанов. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1989, 232 с.], в котором в качестве фотоприемника используют фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), а в качестве сцинтиллятора используют кристалл CsI:TI в форме цилиндра. Кристалл CsI:TI имеет плотность $4,51 \text{ г/см}^3$, световыход сцинтилляций до 0,45 относительного такового для NaI:TI, максимум свечения при 565 нм, длительность сцинтиллимпульса 450 нс. Однако недостатками такого сцинтилляционного детектора являются невысокий уровень светосбора сцинтилляций из-за цилиндрической формы кристалла, а также большие габариты и вес ФЭУ и высоковольтное питание для ФЭУ.

Известен сцинтилляционный детектор гамма-излучения [Патент США №3382368], включающий сцинтиллятор BaF₂ (плотность $4,88 \text{ г/см}^3$) и фотоэлектронный умножитель. Детектор имеет малую длительность сцинтилляций (<50 нс). Однако сцинтилляционный кристалл BaF₂ из-за цилиндрической формы имеет невысокий уровень светосбора сцинтилляций. Кроме того, максимум спектра свечения BaF₂ лежит в ультрафиолетовой области спектра, $\lambda=220 \text{ нм}$, т.е. кристалл BaF₂ непригоден при работе детектора в режиме фотодиодной регистрации из-за нечувствительности PIN-фотодиодов к ультрафиолетовому свету. Недостатком известного сцинтилляционного детектора на основе BaF₂ является также то, что используемый в нем в качестве фотоприемника ФЭУ имеет большие размеры и вес и требует высоковольтного питания, что увеличивает габариты, вес и стоимость детектора в целом.

Известен сцинтилляционный детектор нейтронов [Патент США №3382368], включающий замедлитель из полиэтилена или полипропилена, сцинтиллятор ⁶LiI:Eu цилиндрической формы и ФЭУ. Сцинтиллятор имеет плотность $4,06 \text{ г/см}^3$, сцинтилляционную эффективность 0,2-0,3 относительно таковой для NaI:TI и длину волны люминесценции 460 нм. Однако недостатками такого сцинтилляционного детектора являются невысокий уровень светосбора сцинтилляций из-за цилиндрической формы кристалла. Кроме того, сцинтилляционный детектор на основе ⁶LiI:Eu имеет очень большую длительность сцинтилляции $\tau=1,4 \text{ мкс}$, требует высоковольтного питания для ФЭУ и имеет большие габариты и вес фотоприемного устройства.

Известен сцинтилляционный детектор [Патент США №3398278] быстрых нейтронов, включающий замедлитель из полиэтилена, сцинтиллятор ZnS:Ag и ФЭУ. Сцинтиллятор [В.И.Иванов. Курс дозиметрии. М.: Атомиздат, 1970, 392 с.] имеет световыход, в 2 раза превышающий световыход NaI:TI, максимум спектра излучения сцинтиллятора расположен при 450 нм. Однако такой детектор имеет большую длительность сцинтилляций ~1-2 мкс, не обеспечивает высокой нагрузочной способности, имеет большие габариты и вес фотоприемника (ФЭУ).

Известен сцинтилляционный детектор нейтронов [N.J.Rodes, M.W.Jonson. The role of inorganic scintillators in neutron detector technology. Proceedirus of the Int. Conf. on inorganic scintillators and their applications. 1996, Delft, Netherlands, p.p.73-80], включающий сцинтиллятор ZnS(Ag):⁶Li и ФЭУ. Однако такой детектор имеет большую длительность сцинтилляций, $\tau=1-2 \text{ мкс}$, и не обеспечивает повышенной загрузки. Кроме того, он имеет большие габариты, связанные с большими размерами ФЭУ, большой вес и требует высоковольтного питания.

Известен сцинтилляционный детектор [Викторов Л.В., Шульгин Б.В. и др. / Неорганические сцинтилляционные материалы // Изв. АН СССР. Неорг.материалы, 1991, Т.

27, №10, С.2005-2029; С.Тинг. Установка ЛЗ, ЛЭП (ЦЕРН). Препринт. Л.: ЛИЯФ, 1987. 52 с; Фотодиодные сцинтилляционные детекторы. Photodiode Scintillation Detectors SRD-200. Проспект фирмы SCIONIX Holland, 1992. 2 с], включающий сцинтиллятор $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ и фотодиод, используемый, в частности, в экспериментах в Европейском ядерном центре (ЦЕРН) на ускорителях коллайдерного типа. Детектор имеет световой выход сцинтилляций на уровне 0,1 относительно такового для NaI-Tl и длительность свечения, $\tau=300$ мкс.

Недостатком такого сцинтилляционного детектора является невысокий уровень светосбора сцинтилляций из-за использования кристаллов $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ цилиндрической формы или в форме удлиненных параллелепипедов (в ЦЕРНе).

Известен сцинтилляционный детектор фирмы SCIONIX Holland [Фотодиодные сцинтилляционные детекторы. Photodiode Scintillation Detectors SRD-200. Проспект фирмы SCIONIX Holland, 1992, 2 с.] с фотодиодной регистрацией, содержащий сцинтиллятор, фотодиод и блок обработки сигналов, пригодный для обнаружения рентгеновского (>60 кэВ) и гамма-излучения. Кристалл имеет форму цилиндра с размерами: диаметр - 40 мм, высота - 50 или 70 мм. В детекторе используют кристалл CsI:Ti $10 \times 10 \times 10$ мм, максимум спектра люминесценции которого расположен при 565 нм, и кремниевый PIN-фотодиод. Известный сцинтилляционный детектор с фотодиодной регистрацией обладает длительностью сцинтимпульса $\tau=450$ мкс, имеет размеры чувствительной поверхности 1 см^2 и малый чувствительный объем до $5\text{-}7 \text{ см}^3$, поскольку размер одной из граней кристалла, сочетанной с фотодиодом, диктуется размерами приемного окна PIN-фото диода (1 см^2).

Из всех известных сцинтилляционных детекторов гамма- и нейтронного излучений наиболее близким к заявляемому является устройство [Патент РФ №2248588, МПК 7 G01T 1/20, опублик. 20.03.2005. Бюл. №8], которое содержит сцинтиллятор (чувствительный либо к гамма-излучению, либо к нейтронам), находящийся с ним в оптическом контакте сместитель спектра вместе со светособирающим световодом, который находится в оптическом контакте с PIN-фотодиодом. Все эти элементы детектора помещены в единый корпус. Известное устройство работает в двух (регистрация гамма-излучения или нейтронов) функциональных режимах. В случае регистрации гамма-излучения в качестве сцинтилляционного кристалла используют кристалл $\text{Lu}_2\text{SiO}_5\text{:Ce}$ диаметром до 4 см и более (т.е. с площадью рабочей грани $\sim 12,6 \text{ см}^2$ и более). В кристалле возникают быстрые световые вспышки (сцинтилляции) с длительностью 20 нс. Их спектр свечения расположен в синей области с максимумом при 420 нм. Далее с помощью сместителя спектра коротковолновое свечение преобразуется в длинноволновое и направляется на PIN-фотодиод, который работает либо в счетном, либо в спектрометрическом режимах и дает информацию либо о мощности дозы, либо о спектре гамма-излучения. В случае режима регистрации нейтронов в качестве сцинтиллирующего кристалла используют кристалл стибьена, излучение которого через сместитель спектра и через светособирающий световод поступает на PIN-фотодиод. Недостатком известного сцинтилляционного детектора [Патент РФ №2248588] является невысокий уровень светосбора сцинтилляций из-за того, что конструкция детектора не позволяет обеспечивать проведение измерений в 4 π -геометрии.

Задачей настоящего изобретения является повышение уровня (степени) светосбора сцинтилляций, обеспечивающее повышение чувствительности сцинтилляционного детектора.

Это достигается за счет того, что в сцинтилляционном детекторе, включающем размещенные в едином корпусе сцинтиллятор, регистрирующий либо гамма-, либо нейтронное излучение, PIN-фотодиод, кабельный канал и блок обработки сигналов, сцинтиллятор выполнен в виде шара, состоящего из 2-х полусфер, находящихся друг с другом в оптическом контакте, а сцинтилляционный детектор дополнительно содержит отражающее покрытие в виде пленки, нанесенной на поверхности полусфер, и 2-й PIN-фотодиод, установленный к 1-му PIN-фотодиоду «спина к спине» в центре шарового сцинтиллятора, в котором выполнены полость для размещения PIN-фотодиодов и

кабельный канал для вывода их электрических контактов к блоку обработки сигналов.

Кроме того, PIN-фотодиоды могут быть выполнены в виде полусфер, при установке образуя форму шара.

Выполнение сцинтиллятора не в виде цилиндра или параллелепипеда, а в виде шара, состоящего из двух полусфер, и играющего одновременно роль световода и снабженного светотражающей (световозвращающей) пленкой, собирающей в условиях 4 π -геометрии все сцинтилляции в одном фокусе, в котором расположено фотоприемное устройство из двух PIN-фотодиодов, позволило повысить эффективность регистрации излучения предлагаемым сцинтилляционным детектором.

На фиг.1 представлена схема сцинтилляционного детектора с плоскими PIN-фотодиодами, на фиг.2 - схема сцинтилляционного детектора со сферическими PIN-фотодиодами.

Заявляемое устройство содержит сцинтиллятор в форме шара, состоящего из двух полусфер 1 и 2, отражающее покрытие 3 в виде пленки, нанесенной на поверхность полусфер 1 и 2, два плоских PIN-фотодиода 4 и 5 (фиг.1), либо два PIN-фотодиода, выполненных в виде полусфер (фиг.2), которые при сборке образуют форму шара, установленные в полость 6 в центре полусфер 1 и 2 и расположенные «спина к спине», канал 7 для связи PIN-фотодиодов, которые при помощи кабеля 8 соединены с блоком обработки сигналов 9, помещенные в единый корпус 10.

Сущность изобретения заключается в том, что вследствие шарообразной формы сцинтиллятора (CsI:TI, или Bi₄Ge₃O₁₂, или Lu₂SiO₅:Ce - при регистрации гамма-излучения; стильбен - при регистрации нейтронов) все сцинтилляции, возникающие в полусферах 1 и 2 шара, будут благодаря отражающему покрытию 3 фокусироваться в центре шара в месте расположения PIN-фотодиодов 4 и 5. В этом случае объем сцинтилляционного кристалла не лимитируется размерами входного окна PIN-фотодиодов, расположенных в центре детектора «спина к спине». Отличительной особенностью предлагаемого изобретения является новая шаровая конструкция сенсорного элемента детектора - сцинтиллятора. Такая конструкция обеспечивает 4 π -геометрию светосбора сцинтилляций и 4 π -геометрию измерения радиации и повышает чувствительность сцинтилляционного детектора.

Устройство работает в двух функциональных режимах (регистрация гамма-излучения или нейтронов) следующим образом. В случае регистрации гамма-излучения используют сцинтиллятор CsI:TI, изготовленный в виде двух полусфер с небольшой полостью точно в центре полусфер и узким кабельным каналом для вывода и передачи сигналов с PIN-фотодиодов на блок обработки сигналов. Две полусферы, образующие шаровой сцинтиллятор, имеют между собой оптический контакт. Сцинтилляции, возникающие в кристалле CsI:TI, имеют длину волны излучения 565 нм и надежно регистрируются PIN-фотодиодами фирмы Hamamatsu, которые работают либо в счетном, либо в спектрометрическом режимах. Это дает информацию либо о плотности потока гамма-излучения, либо о спектре гамма-излучения. Последнее необходимо для обнаружения и идентификации гамма-излучения. Предлагаемая шаровая конструкция является идеальной для проведения низкофоновых измерений. Она обеспечивает максимально возможную чувствительность вследствие реализуемой 4 π -геометрии измерения. При низкофоновых измерениях большая длительность сцинтилляций кристалла CsI:TI 450 нс не является недостатком, поскольку из-за низкой величины фона загрузка детектора невелика (меньше, чем 10³ имп/с), и наложения импульсов не происходит.

Кроме того, плотность CsI:TI достаточно высока, 4,51 г/см³, и эффективный атомный номер Z_{эф} для CsI:TI достаточно высок (Z_{эф}=54), что обеспечивает высокую эффективность регистрации гамма-излучения практически всех радиоактивных изотопов. Последнее является необходимым условием для обеспечения радиационного мониторинга территорий и зон хранения радиоактивных отходов.

Совершенно аналогичное устройство используется в случае применения сцинтиллятора на основе ортогерманата висмута Bi₄Ge₃O₁₂ (BGO). Сцинтилляции, возникающие в кристалле BGO, имеют длину волны излучения 565 нм и надежно регистрируются PIN-

фотодиодами фирмы Hamamatsu. Длительность сцинтилляций такого детектора 300 нс, что не влияет на качество низкофоновых измерений из-за низкой плотности в том числе потока γ -излучения.

Аналогичное устройство используется в случае применения сцинтиллятора на основе кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$. Однако сцинтилляции, возникающие в кристалле $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$, имеют максимум длины волны излучения в синей области спектра, и для надежной их регистрации с помощью PIN-фотодиодов между PIN-фотодиодами и шарообразным сцинтиллятором дополнительно устанавливают сместитель спектра, выполненный в виде тонкой пленки или покрытия. Сместитель спектра смещает максимум длины волны излучения сцинтиллятора из синей области спектра в красную, что позволяет надежно регистрировать прошедшие сместитель спектра сцинтилляции с помощью PIN-фотодиодов фирмы Hamamatsu.

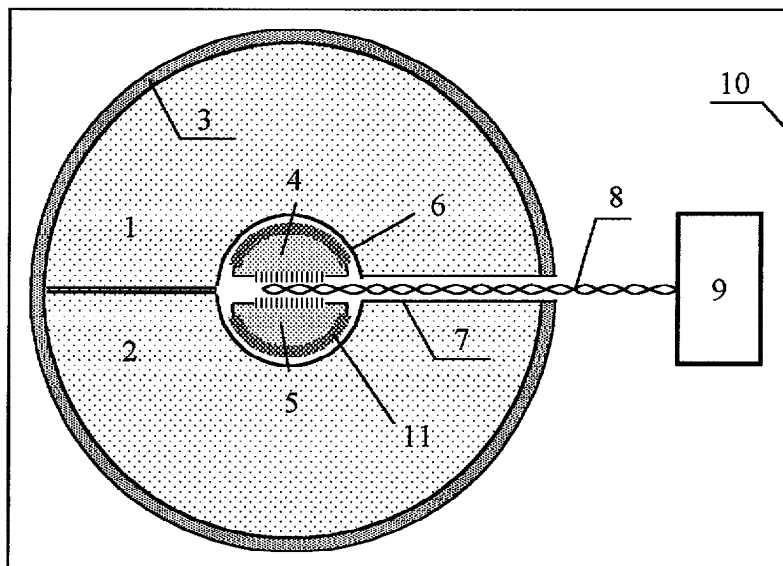
В случае режима регистрации нейтронов используется аналогичное устройство, но в качестве сцинтилляционного кристалла используют кристалл стибьена, обладающий синим свечением с длинной волны $\lambda=390$ нм. В этом случае, как и для кристалла $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$, обязательно используют сместитель спектра, позволяющий регистрировать излучение сцинтиллятора PIN-фотодиодами.

Формула изобретения

1. Сцинтилляционный детектор, включающий размещенные в едином корпусе сцинтиллятор, регистрирующий либо гамма-, либо нейтронное излучение, PIN-фотодиод, кабельный канал и блок обработки сигналов, отличающийся тем, что сцинтиллятор имеет шарообразную форму и состоит из двух полусфер, находящихся друг с другом в оптическом контакте, а сцинтилляционный детектор дополнительно содержит отражающее покрытие в виде пленки, нанесенной на поверхности полусфер, и второй PIN-фотодиод, установленный к первому PIN-фотодиоду «спина к спине» в центре шарового сцинтиллятора, в котором выполнены полости для размещения PIN-фотодиодов и кабельный канал.

2. Сцинтилляционный детектор по п.1, отличающийся тем, что PIN-фотодиоды имеют полусферическую форму.

3. Сцинтилляционный детектор по п.1, отличающийся тем, что он дополнительно содержит сместитель спектра, выполненный в виде тонкой пленки или покрытия, установленной между PIN-фотодиодами и шарообразным сцинтиллятором.



Фиг. 2



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: **2006103686**

Дата прекращения действия патента: **09.02.2008**

Извещение опубликовано: **27.03.2010** БИ: **09/2010**

RU 2 297 015 C1

RU 2 297 015 C1